

El Control Físico de las Plagas Agrícolas. I: Métodos Pasivos

Luís E. Vivas C¹ y Dilcia Astudillo²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA),
Calabozo-Guárico Venezuela. lvas@inia.gov.ve

²AgroRiesgo, Calle 6 entre carreras 5 y 6, Casco Central.
Calabozo-Guárico Venezuela

Sumario

Resumen

Introducción

Consideraciones sobre los métodos de control físico en relación con la protección vegetal en la agricultura

Métodos pasivos

- 1) Zanjas (fosos, trincheras)
- 2) Cercas o vallas
- 3) Mulch orgánico
- 4) Mulch de materiales artificiales
- 5) Capas de partículas adheribles
- 6) Polvos inertes
- 7) Trampeos (Trampas)

Un remedio económico y efectivo: trampas para Ceratitis

- 8) Aceites
- 9) Surfactantes y jabones

Resumen

La idea general que se tiene sobre el manejo integrado de plagas, es que teóricamente depende de un conjunto de tácticas; en realidad, la mayoría de las tecnologías que se emplean dependen casi exclusivamente de los insecticidas o plaguicidas sintéticos. Se necesita por ello, alternativas viables, que eviten los múltiples problemas que genera el uso de insecticidas desde el punto de vista ambiental.

El control físico puede clasificarse en dos grandes áreas:

1. Pasivo (Zanjas o trincheras; cercas o vallas, mulch orgánico, capas de partículas adheribles, polvos inertes y aceites);
2. Activos (mecánicos, encerados, neumáticos, de impacto y térmicos) y los misceláneos (almacenamiento en frío, calor, aire, flameo, inmersión en agua caliente.

Algunos métodos físicos como los aceites, se han utilizado exitosamente por décadas sobre todo en los tratamientos precosecha. Las capas de partículas adheribles en precosecha es otro de los métodos de reciente desarrollo. Si nos movemos de la producción al consumidor, el número de opciones disponibles está limitado por restricciones legales; por consiguiente, la mayoría de los métodos de control físico son empleados en situaciones de postcosecha. Se pueden citar dos ejemplos notables, uno es la máquina de impacto (entoleter) la cual se emplea para

aplastar o triturar todos los estados de insectos en harinas; y la inmersión en agua caliente de mangos, usada para eliminar los estados inmaduros de la mosca de la fruta (Tephritidae). El futuro de los métodos de control físico puede estar influenciado por problemas socio-legales y por el desarrollo de nueva investigación básica y aplicada. En este artículo se desarrolla el tópico relacionado con el control pasivo, mientras que el del control activo se incluirá en artículo complementario.

Introducción

Existe la necesidad de reducir el impacto negativo de los métodos de control de plagas sobre el medio ambiente. Es preocupante el incremento de los efectos potenciales de los plaguicidas en la salud, la reducción de la capa arable per capita entre otros (Novartis, 1997) citado por Vincent *et al.* (2003); y la evolución del complejo de plagas, probablemente por los acelerados cambios climáticos que contribuyen a los cambios en las prácticas de protección vegetal. Los insecticidas siguen y seguirán siendo utilizados extensivamente. Sin embargo, más de 540 especies de insectos han resultado ser resistentes a los insecticidas sintéticos (Metcalf, citado por Metcalf y Luckmann, 1994). Otras desventajas de los insecticidas sintéticos incluyen la resurgencia y el aumento de las plagas secundarias y los efectos perjudiciales sobre otros organismos (Vincent *et al.*, 2003). Toda esta situación crea una gran demanda por métodos de control alternativos, donde se incluyen los métodos de control físico.

Cuarenta años atrás, Metcalf *et al.* (1962) señalaban que "los métodos de control físico son muy costosos en tiempo y trabajo; frecuentemente no destruyen las plagas hasta que el daño está hecho y raramente dan un adecuado control desde el punto de vista comercial". Sin embargo, el empleo del control físico, debido a las restricciones que sobre muchos controles químicos han impuesto algunas regulaciones internacionales, ha generado un notable incremento en la investigación y aplicación de estos métodos como alternativa viable para el control de plagas.

Consideraciones sobre los métodos de control físico en relación con la protección vegetal en la agricultura

En los métodos de control físico, el medio ambiente físico de la plaga es modificado de tal modo que los insectos ya no representan una amenaza al cultivo agrícola. Esto se logra con la generación de niveles de estrés que provoquen perturbación o muerte del insecto, tanto como por el uso de dispositivos como barreras físicas que protejan a las plantas de posibles ataques.

Muchos de los métodos de control físico están acompañados por procesos fisiológicos y de comportamiento, mientras que los métodos químicos han sido definidos y están limitados por sus modos de acción.

Los métodos de control físico se agrupan en dos clases: pasivos y activos y un grupo denominado misceláneo que no entra en esta clasificación (Vincent *et al.*, 2003).

La clase de los activos se divide en: mecánico, térmico y técnicas electromagnéticas, mientras que los pasivos en: zanjas, cercas, mulch orgánico y de materiales artificiales, partículas adheribles, polvos inertes, trampas, aceites y surfactantes.

La eficiencia de los métodos activos depende de su continuidad en el periodo de control. El nivel de control que se puede lograr está relacionado con la cantidad e intensidad de su intervención.

La efectividad de los métodos de control físico en la protección de un cultivo durante una época, va dada desde la emergencia hasta postcosecha; sin embargo, las condiciones postcosecha son las más apropiadas para aplicar los métodos de control físico, puesto que el ambiente está confinado, el material es de mayor valor económico y el uso de los insecticidas resulta inadecuado, sobre todo en países donde existan restricciones legales. Los métodos de control físico como el frío, calor y radiación ionizada son usados muy frecuentemente en los tratamientos cuarentenarios postcosecha, donde la eliminación de una plaga puede lograrse hasta un nivel predeterminado (Halmann, 2001).

En este artículo se revisan los diversos métodos físicos pasivos, mientras que los métodos activos se tratan en artículo aparte.

Métodos pasivos

Las barreras físicas pueden definirse como cualquier material vivo o no, usado para limitar el movimiento o para delimitar un espacio. Abarcan un número de métodos compatibles con otros métodos de control (Boiteau y Vernon, 2001). El aspecto económico de las barreras está íntimamente relacionado con la escala espacial. De esta manera, es más fácil proteger un producto almacenado que un cultivo agrícola, puesto que ocupa mayor área. El gran reto en el campo agrícola sería el despliegue de las barreras degradables o no degradables, que puedan ser desmanteladas y recicladas resultando en costos menores.

1) Zanjas (fosos, trincheras)

Las zanjas o fosos empleadas para interceptar o atrapar a una gran variedad de insectos se comenzaron a emplear a inicios de 1895 (Metcalf *et al.*, 1962). Recientemente, muchos artículos se han publicado en relación con el escarabajo de la papa de Colorado, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Boiteau y Vernon, 2001) empleando zanjas en forma de "V" revestidas con plástico, que pueden retener más del 95% de adultos del coleóptero (Misener *et al.*, 1993). La eficiencia del método depende de la densidad de los escarabajos en el período más cercano al invierno, de la proporción de individuos que vuelan contra los que caminan (Weber *et al.*, 1994) y también de las características físicas de la zanja. El surco debe ser de al menos 25 cm de profundidad con lados inclinados con un ángulo de más de 45°. Los adultos que caen en las zanjas cubiertas con tierra tienen poca oportunidad de escapar, puesto que ellos no pueden caminar por las paredes de tierra, debido a que raramente vuelan antes de caminar sobre la superficie de las plantas (Boiteau y Vernon, 2001).

La lluvia tiene poco efecto sobre la eficiencia de las zanjas en la retención de los escarabajos. Se ha diseñado una máquina para instalar las zanjas de plástico (Misener *et al.*, 1993). Bajo condiciones de campo, en una localidad de Canadá se observó una reducción de 48% de inmigración de adultos, cercana al periodo de invierno. En lotes de ocho ha el costo se puede recuperar sin tener que recurrir a la aplicación de insecticidas. Una versión colocada encima del terreno posee una eficiencia muy similar a la anterior puede ser reutilizada por más de 10 años y además, puede ser usada en pequeñas unidades de producción, en cultivos de alto valor comercial (Boiteau y Osborn, 1999). La tasa de adopción de esta tecnología tuvo un incremento estable durante los años 90, pero el interés decreció, posiblemente, por la aparición en el mercado de insecticidas más efectivos y a las plantas transgénicas (Boiteau y Vernon, citado por Vincent *et al.*, 2003).

2) Cercas o vallas

El uso de cercas es particularmente relevante para excluir insectos de poco vuelo (ejemplo: Anthomyiidos) en cultivos anuales donde no se consigan productos químicos efectivos, y el valor del cultivo sea alto (ejemplo: cultivos como cebolla y coles) (Boiteau y Vernon, citado por Vincent *et al.*, 2003). Se menciona que cercas de 1 m de alto excluyen hasta 80% de las hembras voladoras de la mosca de la col, *Delia radicum* (Linnaeus).

El peso de las cercas resulta crítico y limitativo por su costo y resistencia al viento. Aunque la mosca de la col puede capturarse sobre los 180 cm sobre el nivel del suelo, Vernon y Mackenzie (1998) adaptaron cercas de 90 cm de alto y lo definen como el método de cercado óptimo; cerca de los 25 cm se reduce el daño al cultivo, aumentando el número de moscas atrapadas (Bomford *et al.*, 2000). Si las cercas son colocadas estratégicamente en el cultivo y se rotan apropiadamente, la efectividad de la exclusión de las cercas mejora en el tiempo, debido a que las cercas propician el aumento de los enemigos naturales de adultos de los Anthomyiidos.

Una desventaja de las cercas consiste en que los individuos excluidos (buenos voladores) pueden atacar a un cultivo cercano no protegido. Además, los individuos que superan la barrera y son confinados en un área dada, pueden afectar a un cultivo cercado.

3) Mulch orgánico

El mulch de origen vegetal (paja) afecta indirectamente a las poblaciones del escarabajo de la papa de Colorado, y reduce en forma significativa su daño (Zehnder *et al.*, 1990) debido a que favorece varias especies de depredadores de huevos y larvas, tales como *Coleomegilla maculata* (De Geer), *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville), *Chrysopa carnea* (Agg.) y *Perillus bioculatus* (F.). El rendimiento de la papa en campo es más alto con mulch que en cultivos sin mulch o cuando el mulch orgánico es incorporado dentro de un programa con insecticidas (Brust, 1994).

El costo de emplear el mulch orgánico puede resultar prohibitivo para agricultores con tendencia a no emplear productos orgánicos (Ferro, citado por Vincent *et al.*, 2003). La interacción positiva del mulch vegetal con la aplicación (aspersión) de *Bacillus thuringiensis* var Tenebrionis, dio muy buenos resultados cuando se comparó con un tratamiento de insecticidas, puesto que estas tecnologías no interfieren la una con la otra (Brust, 1996). El mulch orgánico es una práctica compatible agronómica y ambientalmente y además, puede usarse como parte de un programa de manejo de resistencia a insecticidas.

4) Mulch de materiales artificiales

Distintos materiales protectores se han utilizado como mulch, pudiéndose citar: hojas o rollos de papel o plástico, películas de aluminio, entre otros. El principal objetivo del empleo del mulch es mejorar la productividad y adicionalmente, obtener cosechas tempranas. Generalmente, se emplea en cultivos de alto valor comercial. Los mulch de materiales artificiales pueden diseñarse para el control de plagas. Así, los materiales plásticos pueden ser de tal o cual color con el fin de modificar el espectro de incidencia de la luz para de alterar un determinado comportamiento de un insecto. Los trips son atraídos por el azul, negro y blanco (Csizinsky *et al.*, 1990) y los áfidos por el amarillo y azul (Black, 1980; Csizinsky *et al.*, 1990).

Los materiales con aluminio pueden atraer a algunas especies de insectos mientras que pueden repeler a otras (Begin, citado por Vincent *et al.*, 2003). Las propiedades repelentes se han relacionado con la reflexión de la luz ultravioleta a longitudes de onda menores de 390 nm (Kring y Chuster, 1992). En fresa, los mulch reflectantes han demostrado cierto potencial, a través del incremento de la productividad de las plantas y por la reducción del daño ocasionado por el chinche manchador *Lygus lineolaris* (Palisot De Beauvois) (Heteroptera: Miridae) (Rhainds *et al.*, 2001).

El uso de los mulch debería estudiarse con mayor profundidad para su implementación, en un sistema orientado no sólo en el impacto que tenga sobre los insectos plaga, sino en el que pueda tener sobre las malezas, otros insectos, enfermedades y nematodos en la agricultura.

Uno de los componentes a la hora de tomar en cuenta los elementos orgánicos es la forma de adelantar las cosechas (cosechas tempranas); esto podría suministrar una justificación económica, representando una oportunidad para el diseño del mulch, que además, supone un impacto positivo en otros segmentos como sería el control de insectos dañinos. En el mercado se encuentran disponibles maquinarias para extraer y colocar los rollos de mulch plástico y se han diseñado materiales fotobiodegradables (Begin *et al.*, citado por Vincent *et al.*, 2003).

5) Capas de partículas adheribles

Según Ebeling (1971), el polvo que llega de los caminos a los cultivos puede tener un efecto negativo sobre los enemigos naturales. Recientemente se han desarrollado las formulaciones asperjables de caolín, bajo el nombre genérico de "Tecnologías de partículas adheribles" (Glen *et al.*, 1999). Este método ha motivado un gran interés por su evidente actividad insecticida. Varios mecanismos están en juego: cuando los adultos del psilido de la pera *Cacopsylla pyricola* (Foerster) se han tratado con partículas adheribles hidrofóbicas (PAH) son cubiertos con partículas muy finas que interfieren con las señales visuales del insecto (Puterka *et al.*, 2000). El comportamiento de los adultos es interrumpido al punto que son incapaces de alimentarse. El áfido del ápice de la papa *Aphis spiraecola* (Patch) pierde virtualmente el equilibrio y cae a cierta distancia de la planta tratada. En otros casos, se reduce en forma significativa el daño ocasionado por el saltahoja de la papa *Empoasca fabae* (Harris) (Glenn *et al.*, 1999). Además, las partículas hidrofóbicas impiden la alimentación y oviposición del gorgojo de la raíz de los cítricos *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) (Lapointe, 2000).

Las aspersiones con caolín disminuyen la velocidad de desplazamiento de individuos recién nacidos (neonatos), lo cual reduce la tasa a la que los individuos infestan los frutos, y la oviposición de las hembras de la polilla de la pera y la manzana *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) y del enrollador de la hoja *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) (Unruh *et al.*, 2000; Knight *et al.*, 2000).

Las capas de partículas hidrofóbicas (PAH) se han reemplazado por las partículas hidrofílicas (PHF); las cuales tienen el mismo efecto que se mencionó anteriormente, para el psilido de la pera (Puterka *et al.*, 2000). Una formulación registrada comercialmente representa aproximadamente 30% de todos los insecticidas empleados en el cultivo de la pera en los Estados Unidos (Puterka, citado por Vincent *et al.*, 2003).

En ensayos de campo en el cultivo de pera, las partículas hidrofílicas (PHF) redujeron en forma significativa las poblaciones y la oviposición de el psilido de la pera, las del Curculionidae de la ciruela *Conotrachelus nenuphar* (Herbst); igualmente, se reducen las marcas de la oviposición, pero no en forma significativa, del daño producido por la polilla de la pera y la manzana *Cydia pomonella* (L.). Los tratamientos también incrementan la calidad de la fruta y los rendimientos del cultivo.

Una limitante de las PAH es la adhesión que tienen dichas partículas bajo un fuerte aguacero; esto se ha mejorado con el desarrollo de nuevas formulaciones usando un esparcidor de partículas. Se ha sugerido el impacto negativo de las PAH sobre los enemigos naturales que debe ser estudiado con mayor profundidad (Unruh *et al.*, 2000; Knight *et al.*, 2000). Generalmente se usa un equipo normal de aplicación y por ello los productores no tienen que invertir en equipos especiales para tal fin.

Debido al amplio rango de insectos y enfermedades que son afectados por las PAH en plantas y sus efectos positivos sobre la fisiología y la calidad de frutos, se debería desarrollar en un futuro cercano, la parte científica y comercial de las partículas PAH (Vincent *et al.*, 2003).

Caolinita para controlar plagas y enfermedades

Según cita American Fruit Grower (1999), "Parece una poción mágica", así comienza Lisa Heacox el artículo sobre un compuesto que puede controlar insectos y enfermedades y no es tóxico para el medio ambiente ni a los seres humanos. El principio activo es la caolinita que, sometida a un proceso industrial, acaba en un film formado por partículas microscópicas, que aplicado a las plantas, entorpece la acción tanto de insectos como de hongos.

En este proyecto trabajan investigadores del USDA-ARS, Servicios de Investigación Agrícola de Estados Unidos, y la compañía Engelhard Corp., de Iselin (NJ). Según estudios llevados a cabo hasta ahora, deben realizarse varias aplicaciones durante el ciclo de cultivo, y la fruta debe ser lavada para eliminar el aspecto blanquecino que presenta una vez pulverizada. El primer producto que se comercialice será seguramente para ser aplicado en manzana y pera, bajo el nombre Surround Crop Protectant.

6) Polvos inertes

El estudio de los polvos inertes se ha realizado por más de dos décadas, resultando en registros y uso comercial de varias formulaciones de estos materiales (Fields *et al.*; Golob y Korunick, citados por Vincent *et al.*, 2003).

Existen muchas clases de polvos inertes: limo, sal común, arena, caolín, ceniza de cáscara de arroz, ceniza de madera, arcilla, tierra de diatomea (90% SiO₂), materiales sintéticos y silicatos precipitados (98% SiO₂) y silica aerogel, entre otros (Golob, 1997).

Debido a su baja toxicidad para los mamíferos, se utilizan para proteger granos almacenados de un gran número de plagas del Orden Coleoptera. La tierra de diatomea es clasificada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, como segura y por ello, se pueden agregar a los alimentos (Korunic, citado por Vincent *et al.*, 2003).

Los polvos inertes ejercen lentamente sus efectos por medio de varios mecanismos que resultan en la deshidratación de los insectos, especialmente por la adsorción de los lípidos de la cutícula del artrópodo y en menor importancia por la abrasión (Ebeling, 1971).

Algunos insectos se mueven dentro de un área particular de los granos almacenados o dentro de los granos, lo que se convierte en un factor a tomar en cuenta a la hora de realizar un control en un momento dado (Fields *et al.*, 1998). Entre las especies existen grandes diferencias fisiológicas y de comportamiento en cuanto a la susceptibilidad a estos productos.

Debido a su modo de acción, la alta humedad relativa (> 70%) o más de 14% de contenido de agua en los granos almacenados pueden reducir el efecto insecticida de los polvos inertes.

Se ha demostrado que existen grandes diferencias en cuanto a las colectas de especies de diatomeas realizadas en distintas partes del mundo, sobre todo, en relación a sus propiedades físicas y a su eficiencia insecticida. Esto complica la normalización en los criterios para las formulaciones comerciales. En general, la tierra de diatomeas debe poseer más de 80% de SiO₂, un pH < 8,5 y una densidad por debajo de 300 g/l (Korunic, 1998).

Los problemas asociados con el uso de tierra de diatomeas en operaciones a gran escala son: a) daño de maquinarias por efecto abrasivo; b) una reducción en la densidad, la cual es una medida de la calidad del grano; c) daños en el grano; d) disminución en calidad, color y presencia de materiales extraños y e) daños a la salud humana (enfermedades respiratorias). La mezcla de estas especies de diatomeas pueden reducir los problemas en cierta medida (Golob, 1997; Fields *et al.*, 2001).

Korunic y Ormesher, citados por Vincent *et al.*, 2003) demostraron que cuando se utiliza la tierra de diatomeas por cinco a siete generaciones, las poblaciones de *Tribolium casteanum* (Herbst), *Cryptolestes ferruginus* Stephens y *Rhizoperta dominica* (F.) se vuelven menos susceptibles. Se recomienda realizar más experimentos para así obtener mayor información relacionada con el desarrollo de resistencia de insectos en productos almacenados.

7) Trampeos (Trampas)

El trampeo perimetral ha tenido mucho éxito como una herramienta de manejo, por ejemplo: la interceptación de dípteros voladores que invaden huertos de plantas hospederas vecinas, como *Rhagoletis pomonella* (Wash), en huertos de manzana *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) y en huertos de ciruela y peras (Cohen y Yuval; Prokopy y Croft, citados por Metcalf y Luckmann, 1994).

Los factores que contribuyen en el éxito de esta metodología son: la baja infestación de las plagas, alta densidad de trampas, disponibilidad de un atrayente, ausencia de plantas hospederas cercanas y mantenimiento de las trampas. El uso de trampas secas (no pegajosas) facilita las operaciones y baja los costos (Cohen y Yuval, 2000). En otros cultivos y situaciones geográficas, el perímetro de trampeo debe ser evaluado para su implementación. El trampeo masivo para las polillas de productos almacenados ha tenido mucho éxito cuando hay bajas densidades de polillas de piralidos en almacenes (ejemplo: en almacenes de tabaco infestados por *Ephestia elutella* (Hubner) (Fleurat-Lessard, 1986).

Un remedio económico y efectivo: trampas para Ceratitis

El industrial Vicente Arcís ha presentado un sistema para atrapar ejemplares de *Ceratit*s. Se trata de una trampa sumamente efectiva y muy económica, además de ecológica. Algunos de los sistemas existentes en el mercado cuestan hasta 10.000 pesetas/ha. El de Vicente Arcís, únicamente 360, y afirma que es igual de eficaz. Consiste en unas tiras de goma que quedan impregnadas de pegamento donde quedan prendidos los insectos y unos dosificadores alimenticios o de feromonas, según se trate de atrapar machos o hembras. Vicente Arcís tiene gran experiencia en tareas de tratamientos fitosanitarios y salud pública (redaccion1@ediho.es)

En Venezuela, existen muchas experiencias con el uso de trampas de variadas formas y modelos, que han dado resultado satisfactorios en distintos cultivos hortícolas y cultivos perennes, empleándose de una manera acorde con el manejo integrado de plagas. Guédez, Torres *et al.*, Carrera *et al.*, Niño y Rodríguez (citados por Sánchez *et al.*, 1997) han empleado trampas amarillas para la colecta de áfidos en el cultivo de la papa, en zonas como los estados Mérida, Táchira, Trujillo, Monagas y Lara. González y Caballero (1990) citan el uso de trampas con atrayentes para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en maíz; Salas y Martínez (1982) mencionan al cultivo de maíz como cultivo trampa para el control de *Heliothis zea* (Boddie) en algodón; Franegas *et al.* (1996) señalan el uso de atrayentes para la mosca del mango *Anastrepha obliqua* (Macquart). Sánchez *et al.* (1993) registran el uso de trampas para áfidos en el cultivo de caraota; Salas y Mendoza (1996) citan el uso de trampas adhesivas para la captura de *Thrips palmi* Karny en pimentón. González *et al.* (2005) mencionan una trampa artesanal para la captura de *Ceratit*s *capitata* (Wiedemann) en plantaciones de durazno en las zonas altas de los estados Aragua y Miranda.

8) Aceites

Los aceites minerales se conocen hace más de un siglo, y se han empleado sólo o en combinación con insecticidas para el control de artrópodos plagas de cuerpo blando en árboles frutales. A la fecha, no se ha reportado ningún tipo de resistencia. La principal actividad de los aceites en el sitio de contacto consiste en la obstrucción del sistema respiratorio (hipoxia), además de actuar como repelentes en la oviposición.

Varias clases de artrópodos son afectados con el uso de estos aceites, pudiéndose mencionar: ácaros, escamas, chinches harinosas, psilidos, áfidos, saltahojas y algunos lepidópteros (huevos de polillas). Puesto que los aceites poseen una baja actividad residual, son relativamente inocuos a los organismos benéficos. Los factores que explican la actividad insecticida en la formulación de los aceites son: la composición química, parafina (C_nH_{2n+2} , óptimo peso molecular, $C_{20}-C_{25}$), compuestos insaturados y el equivalente del número de carbonos de n-parafina. Para minimizar el daño con la aplicación de los aceites en aspersión, se recomienda evitar dicha aplicación cuando los árboles presenten algún tipo de estrés o cuando las temperaturas sean demasiado altas o muy bajas (Davidson *et al.*, 1991).

Los aceites minerales constituyen un método de control físico confiable, que aún hoy, siguen evolucionando. Son eficientes en la horticultura por tener una efectiva acción insecticida en las aplicaciones llevadas a cabo en los programas de manejo integrado de plagas (Jacques y Kuhlmann, citados por Vincent *et al.*, 2003).

Actualmente, se está haciendo mucha investigación y desarrollando formulaciones de aceites vegetales para el control de artrópodos plagas. (Gowurity y Cabanne, citados por Vincent *et al.*, 2003).

9) Surfactantes y jabones

Los surfactantes pueden tener efectos directos e indirectos sobre los artrópodos de cuerpos blandos. Cowles *et al.* (2000) demostraron que el Trisiloxano, considerado como un ingrediente inerte, puede provocar la asfixia o romper importantes procesos fisiológicos del ácaro *Tetranychus urticae* (Koch). Debido a sus propiedades surfactantes, trabajan como los jabones, probablemente porque permiten la interacción del agua con la cutícula de los artrópodos e inducen al ahogamiento (asfixia); puesto que hacen que el agua se infiltre por la traquea o peritema. Además, pueden afectar la función de las células nerviosas (Imai *et al.*, 1994). Cuando se aplicó el Silwet L-77 (una molécula organosilicona) contra las larvas del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* (Stainton) (Lepidoptera: Phyllocnistidae), éste resultó tener un buen efecto insecticida y debido a su acción como surfactante, se pudo incrementar el efecto insecticida del *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (Shapiro *et al.*, 1998).

Los jabones se han utilizado para matar insectos de cuerpo blando y su modo de acción y bajo efecto residual es parecido al de los Surfactantes. No todos los jabones poseen propiedades insecticidas y en consecuencia, deben emplearse las formulaciones especiales con propiedades insecticidas que se encuentren disponibles en forma comercial, especialmente en mercados urbanos, pudiéndose encontrar vía Internet (Vincent *et al.*, 2003).

Bibliografía

- Adesiyun AA, Ajayi, O. 1999. Control of the sorghum stem borer, *Busseola fusca*, by partial burning of the stalks. *Trop. Pest. Manage.* 26: 113-117.
- Adkisson PL, Wilkes LH, Cochran BJ. 1960. Stalk shredding and plowing as methods for controlling the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella*. *J. Econ. Entomol.* 53: 436-439.
- Averill AL, Sylvia MM, Kusek CS, DeMoranville CJ. 1997. Flooding in cranberry to minimize insecticide and fungicide inputs. *Am. J. Altern. Agric.* 12:50-54.
- Aponte O, Vivas L, Escalona L, Castillo P. 1997. Manejo integrado de artrópodos plaga en arroz. Unidad de Aprendizaje para la Capacitación Tecnológica en la producción de arroz. FONAIAP – FUNDARROZ – UCV - IUTEP. Acarigua, Venezuela. 59 p.
- Black LL. 1980. Aluminum mulch: less virus disease higher vegetable yields. *LA Agric.* 23: 16-18.
- Boiteau G, Osborg WPL. 1999 Comparison of plastic-lined trenches and extruded plastic traps for controlling, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can. Entomol.* 13: 567-572.
- Bollen AF, De la Rue BT. 1999. Hydrodynamic heat transfer, a technique for disinfestation. *Postharvest Biol. Technol.* 17: 133-141.
- Bomford MK, Vernon RS, Päts P. 2000. Importance of overhangs on the efficacy of exclusion fences for managing cabbage flies (Diptera: Anthomyiidae). *Environ.*

Entomol. 29: 795-799.

Brust GE. 1994. Natural enemies in straw mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potato. *Biol. Control*. 4: 163-169.

Brust GE. 1996. Interaction of mulch and *Bacillus thuringiensis* subsp, *tenebrionis* on Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations and damage in potato. *J. Econ. Entomol.* 89: 467-474.

Chauhan YS, Ghaffar MA. 2002. Solar heating of seed a low cost method to control bruchid (*Callosobruchus* spp.) attack during storage of pigeonpea. *J. Stored Prod. Res.* 38: 87-91.

Cohen H, Yuval B. 2000. Perimeter trapping strategy to reduce Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) damage on different host species in Israel. *J. Econ. Entomol.* 93: 721-725.

Cowles RS, Cowles EA, McDermott AM, Ramoutar D. 2000. Inert formulations ingredients with activity: toxicity of trisilox of trisiloxane surfactant solutions to twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 93. 180-188.

Csizinsky AA, Schuster DJ, Kring JB. 1990. Effect of mulch color on tomato yields and on insects vectors. *Hortscience*. 25:1 1131.

Davidson NA, Dibble JE, Flint ML, Marer PJ, Guye A. 1991. Managing insects and mites with spray oils. IPM Educ. Publ., Univ. Calif. Public 3347.

Ebeling W. 1971. Sorptive dusts for pest control. *Annu. Rev. Entomol.* 16: 123-158.

Fields PG, Fleurat-Lessard F, Lavenseau L, Febvay G, Peypelut L. 1998. The effect of cold acclimation and deacclimation on cold tolerance, trehalose and free amino acid levels in *Sitophilus granarius* and *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera). *J. Insect. Physiol.* 44: 955-965.

Fields PG, White ND. 2002. Alternatives to methyl bromide treatments for store-product and quarantine insects. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 331-359.

Fleurat-Lessard F, Lesbats M, Lavenseau L, Cangardel H, Moreau R. 1979. Biological effects of microwaves on two insects *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Ann. Zool. Eco. Anim.* 11: 457-478.

Franegas N, González E, Hernández J, Casares R, Lander E. 1996. Elaboración y evaluación de atrayentes para la mosca del mango *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae). 11(1): 19-25.

Glenn DM, Puterka GM, Vanderzet T, Byers RE, Feldhake C. 1999. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pest and plant diseases. *J. Econ. Entomol.* 92: 759-771.

Golob P. 1997. Current and future perspective for inert dusts for control of stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33: 69-79.

Gonzalez E, Arnal E, Meneses H, Ramos F. 2005. Instructivo de uso para la trampa artesanal EUGO-TTC 2000®. Revista CENIAP HOY. Maracay, Aragua, Venezuela. Número 9, Septiembre-Diciembre. URL:

http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gonzalez_e/arti/gonzalez_e.htm

- Gonzalez E, Caballero N. 1990. Evaluación de trampas provistas con el atrayente (z)-9-tetradecen-1-01-acetato en relación a la captura de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Bol. Entomol Venez. (NS): 5 (20): 213-218
- Hallman GJ. 2000. Factors affecting quarantine heat treatment efficacy. Postharvest Biol. Technol. 21: 95-101.
- Hallman GJ. 2001. Irradiation as a quarantine heat treatment. In: Food Irradiation: Principles and applications, ed. R. Molins. New York: Wiley. 113-130 p.
- Hara AH, Hata TY, Hu BKS, Tsang MMC. 1997. Hot-air induce thermotolerance of red ginger flowers and mealy bugs to postharvest hot-water immersion. Postharvest Biol. Technol. 12: 101-108.
- Hickling R, Wei W, Hagstrum DW. 1998. Studies of sound transmission in various types of stored grain for acoustic detection of insects. Dirección electrónica: <http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000006/76/0000067610.html>
- Ikediala JN, Tang J, Neven LG, Drake SR. 1999. Quarantine treatment of cherries using 915 MHZ microwaves: temperature mapping, codling moth mortality and fruit quality. Postharvest Biol. Technol. 16: 127-137.
- Imai T, Tsuchiya S, Morita K, Fujimori T. 1994. Surface tension-dependant surfactant toxicity on the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera). Appl. Entomolo. Zool. 29: 389-393.
- Jacobi KK, MacRae EA, Hetherington SE. 2001. Loss of heat tolerance in "Kensington" mango fruit following heat treatment . Postharvest Biol. Technol. 21: 321-330.
- Knight AL, Unruh TH, Christianson BA, Puterka GJ, Glenn DM. 2000. Effects of a kaolin-based particle film on oblique-banded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 93: 744-749.
- Korunic Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. J. Stored Prod. Res. 33: 219-229.
- Kring JB, Schuster DJ. 1992. Management of insects on pepper and tomato with UV-reflective mulches. Fla. Entomol. 75: 119-129.
- Lapointe SL. 2000. Particle film deters oviposition by *Diapres abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 93: 1459-1463.
- Lucas E, Ruidavets J. 2000. Lethal and sublethal effects on rice polishing process on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 93: 1837-1841.
- McGuire RG. 1991. Market quality of grapefruit after heat quarantine treatments. Hortscience. 26: 1393-1395.
- Metcalf CL, Flint WP, Metcalf RL. 1962. Destructive and useful insects, their habits and control. New York: McGRAW Hill. 4th ed. 1087 pp.

- Metcalf RL, Luckmann WH. 1994. Introduction to insect pest management. New York: Wiley 3rd Ed. 650 p.
- Misener GC, Boiteau G, McMillan LP. 1993. A plastic-lining trenching device for the control of Colorado potato beetle: beetle excluder. *Am. Potato. J.* 70: 903-908.
- Murdock LL, Shade RE. 1991. Eradication of cowpea weevil (Coleoptera: Bruchidae) in cowpeas by solar heating. *Am. Entomol.* 37: 228-231.
- Nelson SO, Bartley PG Jr, Lawrence KC. 1998. RF and microwave dielectric properties of stored-grain insects and their implications for potential insect control. *Trans. ASAE.* 41: 685-692.
- Pelletier Y, McLeod CD, Bernard G. 1995. Description of sublethal injuries caused to the Colorado potato beetle by propane flamer treatment. *J. Econ. Entomol.* 88: 1203-1205.
- Puterka GJ, Glenn DM, Sekutowski DG, Unruh TR, Jones SK. 2000. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environ. Entomol.* 29: 329-339.
- Rancourt B, Vincent C, De Oliveira D. 2000. Circadian activity of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) and effectiveness of sampling procedures in strawberry
- Rhainds M, Kovach J, Dosa EL, EnglishLoed G. 2001. Impact of reflective mulch on yield of strawberry plants and incidence of damage by tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae). *J. Econ. Entomol.* 94: 1477-1484.
- Salas J, Mendoza O. 1996. Trampas adhesivas de diferentes colores en la atracción y captura de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en pimentón. 11(1): 185-189.
- Sánchez M, Martínez N. 1982. El maíz como cultivo trampa para el control de *Heliothis zea* en algodón. *Bol. Entomol. Venez. N.S.* 2 (9): 73-88.
- Sánchez M, Cermeli M, Díaz D, Romero R. 1993. Afidofauna (Homoptera: Aphididae) en siembras de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bol. Entomol. Venez.* 8 (1): 75-81.
- Sánchez M, Narváez m, Cermeli M, Romero R. 1997. Abundancia y diversidad de áfidos (Homoptera: Aphididae), capturados con trampas amarillas en papa *Solanum tuberosum* L., en cuatro localidades de la región centro-norte de Venezuela. *Bol. Entomol. Venez. N.S.* 12 (1): 81-94.
- Shapiro JP, Schroeder WJ, Stansly PA. 1998. Bioassay and efficacy of *Bacillus thuringiensis* and organosilicone surfactant against the citrus leafminer (Lepidoptera: Phyllocnistidae). *Fla. Entomol.* 81:210-210.
- Tabashnik BE, Mau RF. 1986. Suppression of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) oviposition by overhead irrigation. *J. Econ. Entomol.* 79: 189-191.
- Unruh TR, Knight AL, Upton J, Glenn DM, Puterka GJ. 2000. Particle films for suppression of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple and pear orchards. *J. Econ. Entomol.* 93: 737-743.

- Vernon RS, Mackenzie JR. 1998. The effects of exclusion fences on the colonization of rutabagas by cabbage flies (Diptera: Anthomyiidae). *Can. Entomol.* 130: 153-162.
- Vincent C, Chagnon R. 2000. Vacuuming tarnished plant bug on strawberry: a bench study of operational parameters versus insect behavior. *Entomol. Exp. Appl.* 96: 347-354.
- Vincent C, Hallman G, Panneton, Fleurat-Lessard F. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 261-281.
- Vivas, LE; Cermeli, M y Godoy, F. 2005. Primera cita de *Trigonotylus tenuis* Reuter, 1893 (Hemiptera, Miridae) causando daños en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. *Entomotrópica*. En prensa
- Wang S, Ikediala JN, Tang J, Hansen Jd, Mictchum E. 2001. Radio frequency treatments to control codling moth in inshell walnuts. *Postharvest Biol. Technol.* 22: 29-38.
- Weber DC, Ferro DN, Buonaccorsi J, Hazzard RV. 1994. Disrupting spring colonization of Colorado potato beetle to nonrotated potato fields. *Entomol. Exp. Appl.* 73: 39-50.
- Yokoyama VY, Miller GT. 2002. Bale compression and hydrogen phosphide fumigation to control cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in exported rye straw. *J. Econ. Entomol.* 95: 513-619.
- Zehnder GW, Hough-Goldstein J. 1990. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulch. *J. Econ. Entomol.* 83: 1982-1987.

Nota de los editores

Este artículo fue revisado y avalado por:

Dr. Mario Cermeli INIA-ARAGUA (mcermeli@inia.gob.ve)

Dr. Luis Piñango INIA-ARAGUA (lpinango@inia.gob.ve)

Revista Digital CENIAP HOY www.ceniap.gob.ve/ceniaphoy/
